

Міністерство освіти і науки України
Харківська національна академія міського господарства

Методичні вказівки
до виконання контрольного завдання
«Розрахунок статично невизначної рами методом сил»
(для студентів заочної форми навчання напряму
"Будівництво" - 6.092100)

Харків – ХНАМГ – 2007

Методичні вказівки до виконання контрольного завдання «Розрахунок статично невизначної рами методом сил» (для студентів заочної форми навчання напрямку "Будівництво" - 6.092100) / Укл. Серeda Н.В., Чупринін О.О. – Харків: ХНАМГ, 2007 – 12 с.

Укладачі: Н.В Серeda., О.О. Чупринін

Рецензент: доц. М.А. Засядько

Рекомендовано кафедрою теоретичної і будівельної механіки
протокол №8 від 14.11.06

ВСТУП

Будівельна механіка – одна з найважливіших дисциплін, яка закладає основи знань майбутнього спеціаліста-містобудівельника в області розрахунку споруд та їх елементів на міцність, жорсткість і стійкість.

Курс будівельної механіки вивчають студенти після засвоєння курсів вищої математики, теоретичної механіки та опору матеріалів.

Для побудови споруд необхідно оволодіти теоретичними й практичними методами їх розрахунку, що забезпечують, з одного боку, надійність споруди, а з другого – її економічність. В умовах експлуатації споруд також постійно виникають завдання їх розрахунку на підвищені навантаження. Такі розрахунки та знання можна здобути, вивчивши будівельну механіку.

При засвоєнні курсу будівельної механіки найбільш ефективним методом є самостійне виконання студентами вправ та контрольних завдань. Ці вказівки призначені для самостійної роботи студентів за темою «Розрахунок статично невизначної рами методом сил». Вони містять теоретичні положення та завдання до контрольної роботи і приклад її виконання. Ці вказівки особливо корисні для студентів заочного навчання, оскільки вміння самостійно працювати з книгою є основою не тільки підготовки, але і практичної діяльності інженера.

Під час установочної сесії студентам читаються лекції з основних розділів курсу. У той же час кожному студенту видається контрольне завдання для виконання розрахунково-проектувальної роботи, а з метою виключення можливих запитань при виконанні домашньої контрольної роботи проводяться практичні заняття з розгляду основних положень домашнього завдання.

Конкретні числові завдання до кожної контрольної роботи студент вибирає сам із таблиць відповідно до його особистого шифру за трьома останніми цифрами номера залікової книжки. Наприклад, для залікової книжки № 81135 навчальний шифр 135, де 1 – перша, 3 – друга, 5 – третя цифри шифру.

Одержавши зауваження на контрольну роботу, студент повинен виправити вказані викладачем помилки, зробити потрібні доповнення, навіть якщо робота має залік.

Якщо робота не залікована, необхідно внести виправлення на тому ж або на окремому кресленні і знову подати роботу для повторного розгляду. Самостійність при виконанні розрахунково-проектувальної роботи має першорядне значення для засвоєння програмного матеріалу. Докладні вказівки до виконання та оформлення контрольного завдання наведені нижче.

Контрольна робота

Розрахунок статично невизначної рами методом сил

Роботу виконують у строгій відповідності з особистим навчальним шифром студента, по якому з таблиці вибирають вихідні дані та схему рами. Роботи, виконані не за шифром, а також не відповідно до вихідних даних, не зараховуються і повертаються без розгляду.

Роботу рекомендується подати на рецензію одразу після виконання для того, щоб до екзаменаційної сесії можна було врахувати зауваження рецензента і внести виправлення.

Роботу виконують на аркуші формату А1 (584 x 840 мм) із розміщенням на ньому всіх креслень та необхідних розрахунків або в зошиті в клітинку.

Перед початком вирішення задачі необхідно накреслити схему рами й вказати на ній всі розміри й навантаження.

Вирішення задачі супроводжують стислими послідовними поясненнями, чіткими схемами, на яких вказують усі величини в числах, що входять в розрахунок.

На епюрах проставляють значення усіх характерних ординат. При розрахунках не слід підраховувати велику кількість значущих цифр.

Завдання

Схему рами обирають за рис. 1, числові дані – за табл. 1.

Із табл. 1 беруть тільки ті дані навантаження, які показані на розрахунковій схемі.

Для заданої рами необхідно:

- з'ясувати ступінь статичної невизначеності;
- вибір основної системи;
- записати канонічні рівняння методу сил;
- побудувати одиничні й вантажні епюри моментів для основної системи;
- обчислювати одиничні й вантажні переміщення;
- розв'язати системи рівнянь;
- побудувати епюри внутрішніх зусиль;
- виконувати статичну і кінематичну перевірку отриманого рішення.

Таблиця 1 – Вихідні дані до завдання.

Перша цифра шифру	l , м	h , м	Друга цифра шифру	F_1 , кН	q , кН/м	Третя цифра шифру	Номер схеми	F_2 , кН
1	4	6	1	20	10	1	1	30
2	5	4	2	10	20	2	2	20
3	6	5	3	30	5	3	3	40
4	6	6	4	5	10	4	4	20
5	8	6	5	20	10	5	5	30
6	5	8	6	10	20	6	6	40
7	6	6	7	10	5	7	7	30
8	4	6	8	20	10	8	8	10
9	6	4	9	30	5	9	9	40
0	5	5	0	20	10	0	10	30

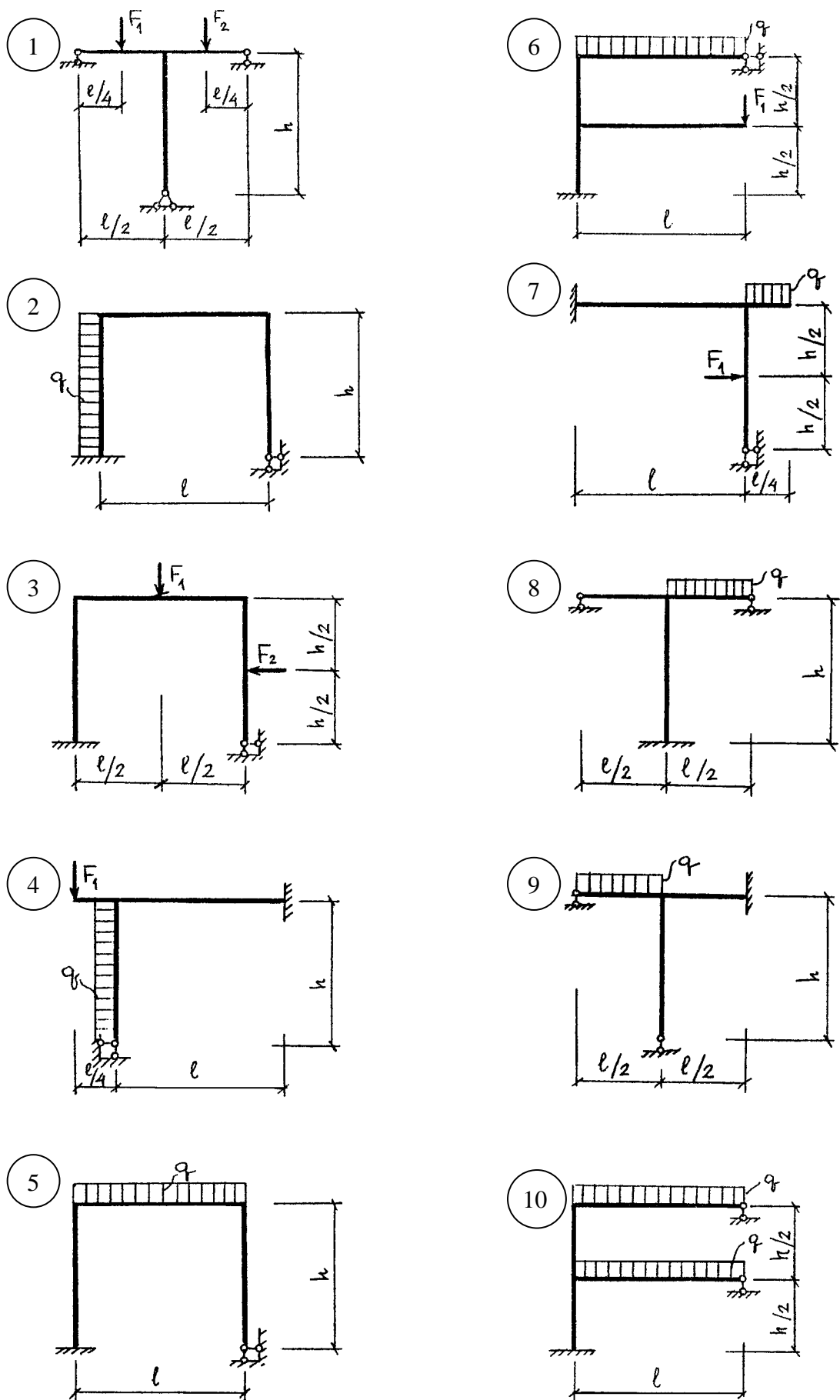


Рис. 1.

Приклад № 1

Статично невизначними називають системи, зусилля в яких неможливо встановити за допомогою одних тільки рівнянь рівноваги.

Порядок розрахунку рам методом сил такий:

1. Визначимо ступінь статичної невизначеності.

Так, для рами, показаної на рис. 2, а, за формулою

$$n = 3K - T + C_o - 3,$$

де K – кількість замкнутих контурів, що утворюють стержні рами;

T – кількість простих шарнірів; C_o – кількість опорних в'язей.

$$n = 3 \cdot 0 - 0 + 5 - 3 = 2.$$

Задана рама двічі статично невизначна.

2. Вибір основної системи. Основну систему одержують із заданої усуненням зайвих в'язей (рис. 2, б).

3. Складання канонічних рівнянь методу сил.

Канонічні рівняння являють собою умови відсутності в основній системі переміщень в напрямку відкинутих в'язей, тобто умови сумісності деформацій.

$$\begin{cases} \delta_{11} X_1 + \delta_{12} X_2 + \Delta_{1f} = 0 \\ \delta_{21} X_1 + \delta_{22} X_2 + \Delta_{2f} = 0 \end{cases}$$

4. Побудова одиничних і вантажних епюр моментів.

Епюри моментів в основній системі зображені на рис. 2, в.

5. Обчислюємо одиничні й вантажні переміщення.

Переміщення, що входять у рівняння, визначаємо за методом Мора з використанням правила Верещагіна:

$$\delta_{11} = \frac{1}{EI} \cdot \frac{5 \cdot 5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 5 = \frac{41,67}{EI};$$

$$\delta_{21} = \delta_{12} = \frac{1}{EI} \cdot \frac{5 \cdot 5}{2} \cdot 4 = \frac{50}{EI};$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{EI} \left(\frac{4 \cdot 4}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 4 + 4 \cdot 5 \cdot 4 \right) = \frac{101,33}{EI};$$

$$\Delta_{1f} = -\frac{1}{EI} \left(\frac{100 \cdot 5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 5 + \frac{5 \cdot 5}{2} \cdot 30 \right) = -\frac{1208,33}{EI};$$

$$\Delta_{2f} = -\frac{1}{EI} \left(\frac{100 \cdot 5}{2} \cdot 4 + 30 \cdot 5 \cdot 4 \right) = -\frac{1600}{EI}.$$

Перевіряємо правильність обчислення переміщень:

$$\sum \int \frac{\overline{Ms} Ms ds}{EI} = \frac{1}{EI} \left[\frac{4 \cdot 4}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 4 + \frac{5 \cdot 5}{2} \cdot \left(4 + \frac{2}{3} \cdot 5 \right) + 4 \cdot 5 \cdot \left(4 + \frac{1}{2} \cdot 5 \right) \right] = \frac{243}{EI};$$

$$\delta_{11} + 2\delta_{12} + \delta_{22} = \frac{41,67}{EI} + 2 \cdot \frac{50}{EI} + \frac{101,33}{EI} = \frac{243}{EI};$$

$$\sum \int \frac{\overline{Ms} M_f ds}{EI} = -\frac{1}{EI} \left[\frac{5 \cdot 5}{2} \cdot \left(30 + \frac{2}{3} \cdot 100 \right) + 4 \cdot 5 \cdot \left(30 + \frac{1}{2} \cdot 100 \right) \right] = -\frac{2808,33}{EI};$$

$$\Delta_{1f} + \Delta_{2f} = -\frac{1208,33}{EI} - \frac{1600}{EI} = -\frac{2808,33}{EI}$$

Після підстановки одержаних переміщень в канонічні рівняння і скорочення на EI одержуємо:

$$\begin{cases} 41,67x_1 + 50x_2 - 1208,33 = 0 \\ 50x_1 + 101,33x_2 - 1600 = 0. \end{cases}$$

З цих рівнянь знаходимо:

$$x_1 = 24,64;$$

$$x_2 = 3,63.$$

Побудувавши виправлені епюри M_1, M_2 , (рис. 2, г), підсумуємо з епюрою M_f . Одержана таким шляхом остаточна епюра моментів M зображена на рис. 2, д.

Для перевірки цієї епюри помножимо її на епюру \overline{Ms} :

$$\sum \int \frac{M * \overline{Ms} * ds}{EI} = 0;$$

$$\frac{1}{EI} \left[\frac{4 \cdot 4}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 14,52 - \frac{15,48 \cdot 5}{2} \cdot \left(4 + \frac{1}{3} \cdot 5 \right) + \frac{7,72 \cdot 5}{2} \cdot \left(4 + \frac{2}{3} \cdot 5 \right) \right] = 0.$$

5. Будуємо епюри внутрішніх зусиль. Поперечні сил знаходимо за формулою

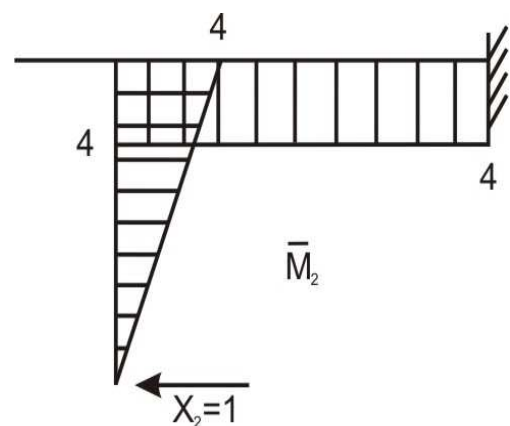
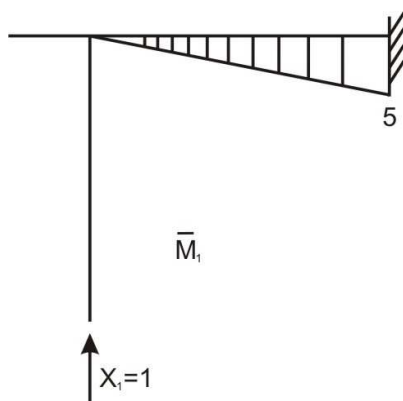
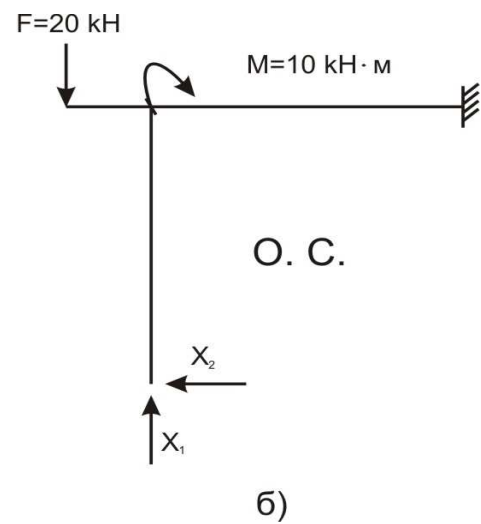
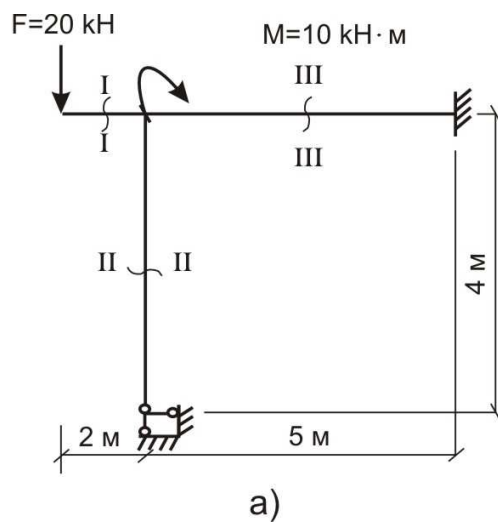
$$Q = Q^o + \frac{Mr - Me}{e}.$$

$$Q_{II} = 0 + \frac{0 - 14,52}{4} = -3,63 \text{ кН} ;$$

$$Q_{III} = 0 + \frac{-7,72 - 15,48}{5} = -4,64 \text{ кН} .$$

Епюра Q побудована на рис.2, е.

Поздовжні сили: $N_I = 0$; $N_{II} = -24,64$; $N_{III} = 3,63 \text{ кН}$. За одержаними значеннями Q і N будуюмо епюри.



В)

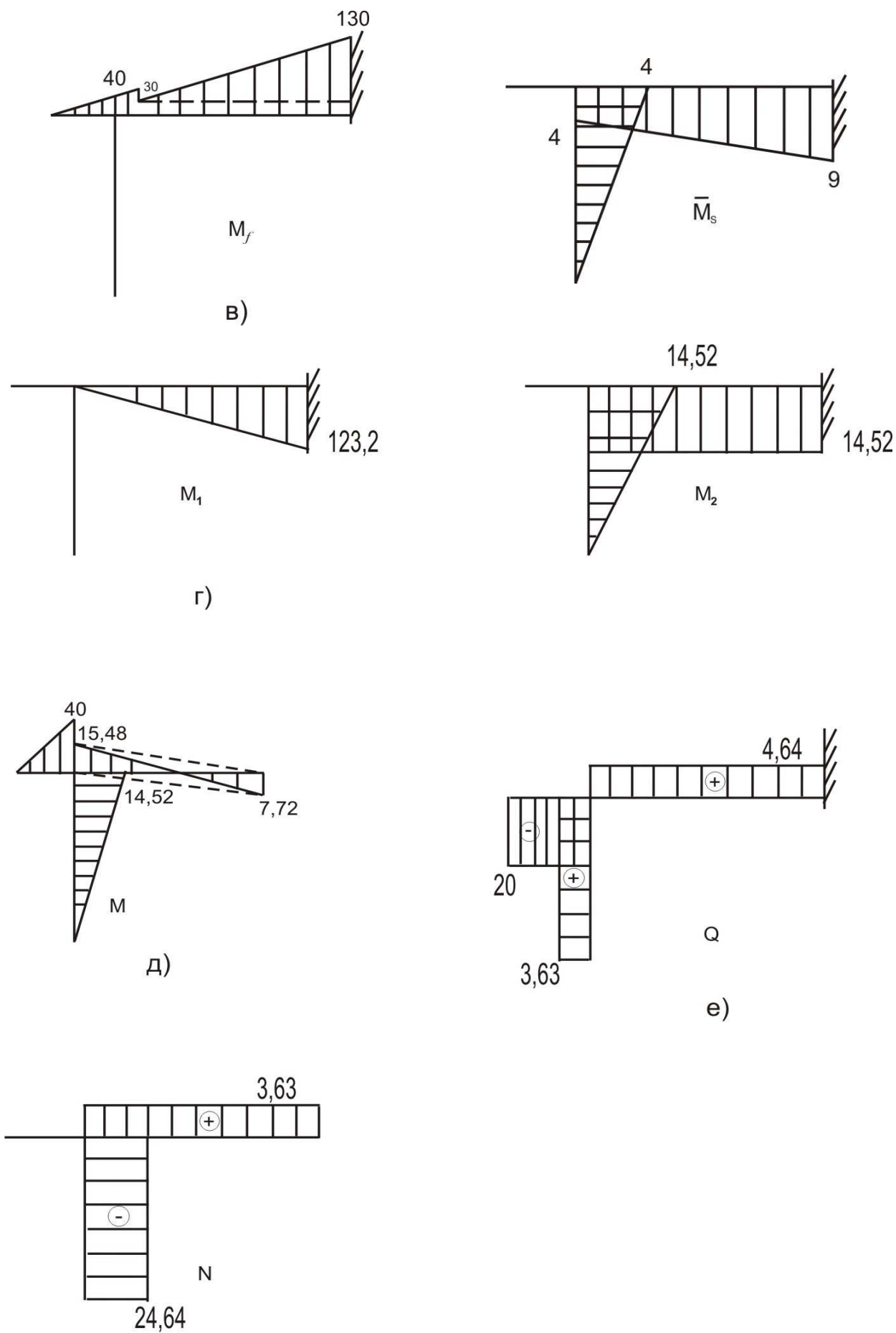


Рис. 2.

Список літератури

1. Строительная механика./ Под ред. Ю. И. Бутенко. – К.: Вища школа, 1989. – 479 с.
2. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики./ Под ред. Г. К. Клейна. – М.: Высш. шк., 1980. – 384 с.
3. Строительная механика: руководство к практическим занятиям/ Под ред. Ю. И. Бутенко. – К.: Вища школа, 1989. – 367 с.
4. Шутенко Л. М., Пустовойтов В. П., Засядько М. А. Механіка споруд. – Харків: ХДАМГ, 2001. – 234 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання контрольного завдання “Розрахунок статично невизначної рами методом сил” (для студентів заочної форми навчання напрямку "Будівництво" - 6.092100).

Укладачі: Наталія Василівна Середа,
Олександр Олексійович Чупринін

Відповідальний за випуск: М. А. Засядько

Редактор М. З. Аляб'єв

План 2007, поз. 267

Підп. до друку 25.01.2007	Формат 60x84 1/16.	Папір офісний
Друк на ризографі	Обл.-вид. арк. 1,0	Ум.-друк арк. 0,6
Тираж 100 прим.	Зам. №	

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції 12
Сектор оперативної поліграфії при ІОЦ ХНАМГ